

Relation entre la nutrition potassique et la pluviométrie en culture de palmiers à huile et de cocotiers⁽¹⁾

P. QUENCEZ (2) et G. de TAFFIN (3)

Résumé. — Grâce à des prélèvements systématiques d'échantillons foliaires effectués dans diverses régions de production du palmier à huile depuis plus de 20 ans, il a été possible de mener à bien des études concernant la relation entre la nutrition potassique et la pluviométrie. Les résultats ont permis d'étudier la date des prélèvements en fonction de la rigueur de la saison sèche, l'interprétation de la notion de seuil critique en fonction du déficit hydrique et, par conséquent, la détermination des doses de fumures potassiques à apporter dans l'année. Des tendances semblables à celles observées sur le palmier à huile ont été remarquées sur le cocotier. Elles sont indiquées par l'auteur mais les expériences sont trop récentes pour qu'un jugement puisse être porté.

I. — INTRODUCTION

Les relations entre la pluviométrie et la nutrition potassique chez le **palmier à huile** ont été étudiées depuis plus de 20 ans grâce à un réseau expérimental installé dans les diverses régions de production de cette culture.

La culture du **cocotier**, selon des techniques modernes et avec du matériel végétal sélectionné, étant plus récente il n'a pas encore été possible de mener à bien la même étude, mais il est intéressant de signaler l'importance du rôle que prend le potassium dans la nutrition minérale de cette plante.

II. — LE PALMIER A HUILE

Parmi les principaux facteurs limitants de la production du palmier à huile dans les différentes zones de développement de sa culture, on cite généralement la pluviosité et la fertilité des sols.

L'alimentation en eau, souvent insuffisante dans les pays d'Afrique de l'Ouest, agit essentiellement sur la fécondité des arbres et détermine donc le nombre de régimes produits. La nutrition minérale, au contraire, peut être en général facilement contrôlée et corrigée. Les éléments nécessaires à la constitution de la masse végétative et aux exportations sont l'azote et le potassium [2] (Tabl. I).

TABEAU I. — Répartition des éléments minéraux majeurs pour une production moyenne de 15 t de régimes/ha/an - en kg/ha

(Distribution of major mineral elements for an average yield of 15 tons of bunches/ha/year - in kg/ha)

| | N | P | K | Ca | Mg |
|----------------------------|----|----|----|----|----|
| Immobilisation | 30 | 7 | 20 | 13 | 10 |
| Exportation (Export) | 60 | 8 | 70 | 12 | 10 |
| Total | 90 | 15 | 90 | 25 | 20 |

(1) Communication présentée au « Séminaire sur le Potassium » qui a eu lieu les 21 et 22 octobre 1980 à Abidjan (Côte-d'Ivoire).

(2) Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I.R.H.O.), Station de La Mé, B.P. 13 Bingerville (Côte-d'Ivoire).

(3) Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I.R.H.O.), Station Marc-Delorme, 07 B.P. 13 Abidjan 07 (Côte-d'Ivoire).

En Afrique de l'Ouest, la nutrition minérale est caractérisée par l'importance du potassium dont les besoins varient d'une situation à l'autre. Par ailleurs, une liaison existe entre les quantités nécessaires de potassium et la production ; par conséquent, on peut formuler l'hypothèse qu'il existe une relation entre le potassium et les conditions d'alimentation hydrique.

1. — Rappel de la méthode de gestion de la nutrition minérale.

La méthode de contrôle de la nutrition utilisée par l'I.R.H.O. consiste à procéder à l'analyse d'échantillons foliaires, dont les résultats sont comparés à des teneurs critiques définies par les expériences ; le niveau critique pour un élément minéral étant la teneur d'un organe du végétal au-dessous de laquelle tout apport supplémentaire d'engrais doit permettre d'obtenir une amélioration économiquement rentable de la production.

Des normes précises ont été établies pour constituer les échantillons foliaires afin de permettre, avec le minimum de variations, une interprétation des résultats d'analyses avec les résultats de production des expériences de fumures.

Les études de variations « saisonnières » entreprises ont conduit par ailleurs à retenir, pour la période de prélèvement, le début de la saison sèche. Ce choix permet de disposer ainsi d'une durée suffisamment longue au cours de laquelle, d'une part la technique de prélèvements est facilement applicable et, d'autre part les variations sont généralement peu importantes. En dépit de cela, il est apparu nécessaire, pour la nutrition potassique, de tenir compte du régime d'alimentation hydrique pour interpréter valablement les résultats, surtout lorsque le climat est relativement rigoureux et variable d'une année à l'autre.

2. — Variations saisonnières des teneurs en potassium.

On a comparé, dans un essai mis en place au Bénin [1], une situation sèche sur plateau où les effets de la longue saison sèche sont maximaux, et une situation humide sur colluvions avec nappe d'eau temporaire (la fumure potassique étant appliquée en août dans les deux cas). Au cours de trois années de mesures bimestrielles, les teneurs maximales en K sont relevées en novembre (début de grande saison sèche) : en moyenne respectivement 1,12 et 1,19 p. 100.

On a constaté en outre que les variations relatives sont plus importantes en situation sèche qu'en situation humide soit, respectivement — 30 p. 100 et — 20 p. 100 au maximum pour les teneurs des prélèvements effectués de janvier à mai. Ces deux résultats conduisent à penser que la meilleure nutrition en K est liée à une meilleure alimentation en eau, mais n'est pas la conséquence directe des applications de chlorure de potassium en août, d'autant que les teneurs en juillet sont toujours supérieures à celles des mois antérieurs.

En Colombie, où la pluviosité mensuelle d'une plantation étudiée est bien mieux répartie qu'au Bénin, une étude comparable a montré que les variations saisonnières des teneurs en K étaient faibles, confirmant ainsi le fait observé en situation humide au Bénin.

En situation intermédiaire, en Côte-d'Ivoire, l'étude d'une expérience de nutrition (CP-13) a mis en évidence que les teneurs en K varient peu en cours d'année et que les maxima étaient situés en novembre-décembre avant la grande saison sèche, et les minima en fin de saison des pluies en juin. Les variations relatives entre ces époques étaient d'environ 10 p. 100 pour les doses de 1,5 et 3,0 kg/arbre/an de chlorure de potassium épandues en août, tandis qu'elles étaient généralement plus faibles sur l'objet le moins fumé (0,75 kg/arbre/an) qui révélait une carence en K importante (teneur foliaire voisine de 0,5 p. 100).

Dans une autre expérience de fumure au Bénin (PO-CP 20), qui fait l'objet de prélèvements foliaires saisonniers (Tabl. II), les teneurs en K des traitements K1, K2, K3 sont supérieures aux teneurs du traitement K0 (absence de fumure) de façon hautement significative au seuil de 1 p. 100. Mais il n'y a pas d'interaction entre les traitements et les dates de prélèvements, c'est-à-dire que les doses de chlorure de potassium n'influent pas sur l'évolution saisonnière des teneurs en K.

Des différences significatives aux seuils de 5 p. 100 et 1 p. 100 apparaissent entre la teneur moyenne des feuilles prélevées en février 1974 (prélèvement standard de saison sèche) et celles provenant d'autres mois; l'écart relatif maximal étant, comme dans le premier exemple pris au Bénin, de 30 p. 100 entre novembre 1974 (0,766) et mars 1975 (0,596). Il faut noter enfin que la différence est significative au seuil de 5 p. 100 entre deux prélèvements réalisés en saison sèche février 1974 et janvier 1975.

Ces divers exemples montrent que le choix de l'époque de prélèvement des échantillons de contrôle des planta-

tions pour la gestion de la nutrition minérale est important dans les régions où la saison sèche est marquée, mais l'est moins dans les régions où le déficit hydrique est faible. Dans le premier cas, le début de la saison sèche semble mieux convenir car on enregistre ensuite une baisse des teneurs en K, liée au manque d'eau; bien que cette disposition ne soit peut-être pas suffisante pour suivre l'évolution interannuelle des teneurs, sachant que l'écart du dernier exemple entre teneurs moyennes de deux années consécutives n'est pas négligeable.

3. — Variations des teneurs en K selon le climat.

Le rôle de l'alimentation en eau ayant été montré, l'étude suivante a utilisé le « déficit hydrique » comme mesure de ce facteur. Une méthode de calcul a été mise au point dans le but d'être applicable aux situations rencontrées, où généralement la pluviosité est la seule information climatique disponible. Elle consiste à faire les bilans mensuels successifs entre les réserves initiales en eau du sol (R_i), la pluviosité (P) et les besoins mensuels (ETP). Lorsque le bilan mensuel ($R_i + P - ETP$) est négatif, la valeur correspondante est inscrite au compte du déficit hydrique (DH).

L'examen des données a montré que l'amplitude des variations des déficits hydriques annuels pouvait être importante en Afrique de l'Ouest. Par exemple, en Côte-d'Ivoire, dans la région de Grand-Drewin qui fait l'objet de l'étude ci-dessous où la moyenne des DH annuels entre 1961 et 1978 s'élève à 644 mm, avec un coefficient de variation de l'ordre de 20 p. 100, les valeurs extrêmes sont de 417 à 848 mm.

Dans une expérience de fumures potassiques (GD-CP 6), mise en place à cet endroit, le déficit hydrique observé entre la date de prélèvement d'échantillons (début saison sèche) et la fin de la grande saison des pluies précédente, a un effet sur l'assimilation du potassium des objets recevant une fumure potassique annuelle (Fig. 1).

Les coefficients de corrélation sont significatifs au seuil de 5 p. 100 pour le traitement K1 = - 0,60, et pour le traitement K2 = - 0,53, sur les 16 mesures annuelles effectuées entre 1961 et 1978, la nutrition potassique étant pratiquement stable sur ces deux objets. Dans l'objet K0, par contre, on note une tendance à la baisse des teneurs entre 0,4 et 0,5 p. 100, indicatrices d'une carence prononcée. On remarque que pour des teneurs supérieures à 0,5 p. 100 (avant 1969), la relation entre teneurs en K et déficit hydrique existe bien ($r = - 0,76$, significatif au seuil de 5 p. 100) mais, qu'en dessous, les basses teneurs ne sont plus en relation avec l'alimentation en eau. Cette remarque est à rapprocher de l'observation faite au sujet des moindres variations saisonnières des teneurs dans la région de Dabou sur l'objet ayant reçu la plus faible fumure (teneurs voisines de 0,5 p. 100).

Cela tend à signifier que, lorsque la fertilité du sol est très basse, l'influence des réserves en eau disponible a moins d'effet sur la nutrition et que le facteur limitant l'absorption du potassium est sa faible teneur dans le sol.

La similitude des variations de teneurs en K pour K1 et K2, et même K0 pour des teneurs supérieures à 0,5 p. 100, qui se traduit par des pentes voisines des droites de régressions dans l'intervalle de déficits hydriques observés, prouve que ces variations relatives sont indépendantes de la fertilité jusqu'à un « niveau-seuil » correspondant à des teneurs foliaires en K de l'ordre de 0,5 p. 100.

Donc, pour un potentiel nutritif du sol constant au-dessus du seuil critique, la variation des teneurs foliaires en K,

Tableau II. — Variations saisonnières des teneurs en K dans une expérience de fumures au Bénin — en p. 100 de matière sèche.

(Seasonal variations in K levels in a fertilizer experiment in Benin — in p. 100 dry matter)

| Traitements (Treatments) (doses KCl-rates) | K0 | K1 | K2 | K3 | Teneurs moyennes (Mean levels) |
|--------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|
| Déc. 1973 | 0,510 | 0,690 | 0,761 | 0,808 | 0,692* |
| Fév. 1974 | 0,475 | 0,691 | 0,805 | 0,842 | 0,703 |
| Juil. 1974 | 0,491 | 0,693 | 0,812 | 0,778 | 0,694 |
| Oct. 1974 | 0,513 | 0,732 | 0,787 | 0,815 | 0,712 |
| Nov 1974 | 0,532 | 0,789 | 0,861 | 0,882 | 0,766** |
| Jan. 1975 | 0,495 | 0,749 | 0,815 | 0,877 | 0,734* |
| Mars (March) 1975 | 0,382 | 0,615 | 0,688 | 0,697 | 0,596** |

Comparaisons des teneurs moyennes (Comparison of average levels):

* : significatif au seuil de 5 p. 100 (significant at 5 p. 100).

** : significatif au seuil de 1 p. 100 (significant at 1 p. 100).

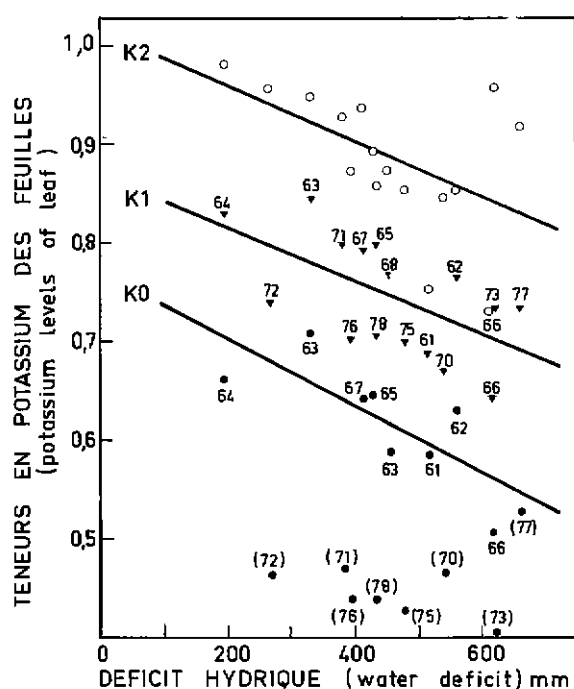


FIG. 1. — Expérience GD-CP 6 Côte-d'Ivoire. — Relation entre déficit hydrique et teneurs en potassium des feuilles (en p. 100 de matière sèche) (Experiment GD-CP 6 Ivory Coast. — Relation between water deficit and potassium levels of leaf — in p. 100 dry matter)

$$K2 : y = 1,016 - 0,00029x, \quad (r = -0,53^*)$$

$$K1 : y = 0,971 - 0,00028x, \quad (r = -0,60^*)$$

$$K0 : y = 0,771 - 0,00035x, \quad (r = -0,76^*)$$

aussi bien entre saisons qu'entre années, semble bien être la conséquence des variations des disponibilités en eau.

Les résultats cités ci-dessus tendent à montrer cependant qu'il existe d'autres phénomènes saisonniers susceptibles de modifier les teneurs. Ochs et Olivin [1] ont notamment montré que la dilution du potassium absorbé par les produits de la photosynthèse, dont l'activité est réduite en période sèche, peut être prise en compte avec la réduction de l'absorption lorsque la transpiration est limitée.

L'examen des résultats de production de l'expérience de Grand-Drewin montre que la nutrition du traitement K1 est suffisante puisque la différence de production totale sur 18 campagnes (1961 à 1978) n'est que de 3 p. 100 pour une dose de chlorure de potassium passant de 0,75 à 1,5 kg/arbre/an ; la différence entre K0 et K1 est de 16 p. 100.

Les relations mises en évidence ci-dessus conduisent à proposer une droite critique, fonction des déficits hydriques de nature à juger les teneurs en K des contrôles de nutrition des plantations en fonction du déficit hydrique ayant présidé à l'absorption au cours de la période précédant les prélèvements. Ainsi, à l'âge adulte et dans les conditions de l'expérience, une teneur de 0,70 p. 100 peut être suffisante lorsque le déficit hydrique a été au moins de 600 mm, cette valeur serait d'au moins 0,80 p. 100 pour une valeur de DH de 250 mm, et de 0,87 p. 100 pour un déficit nul.

Une étude complémentaire du GD-CP 6 montre que, si l'écart entre les productions cumulées de K1 et K2 est faible, l'écart entre les productions annuelles est plus grand lorsque la production est plus élevée. Ce résultat (non significatif) incite toutefois à penser que lorsque les conditions d'alimentation en eau sont plus satisfaisantes, et induisent une production à venir plus élevée 2 ans plus tard environ, il est souhaitable de prendre comme référence une teneur

critique supérieure à celle définie par la droite correspondant à l'objet K1. Cette disposition correspond alors à la valeur du niveau critique de 0,9 définie dans d'autres expériences et dans des conditions de déficit hydrique de l'ordre de 200 mm [5].

Pour le Bénin, de Taffin et Ochs [4] ont, en 1973, situé le niveau critique à 0,850 lorsque les déficits hydriques sont faibles à moyens, et à 0,750 seulement lorsque les déficits sont élevés.

La climatologie du Bénin ayant été caractérisée par une période particulièrement sèche de 1976 à 1978 (1), les derniers résultats obtenus sur cette station confirment l'une des conclusions de Taffin-Ochs, à savoir que la sécheresse peut intervenir à deux niveaux :

— sur la teneur en K des feuilles par réduction d'assimilation et d'activité photosynthétique ;

— sur le niveau critique proprement dit car la production est tellement réduite qu'il ne sert à rien de porter les teneurs en K à hauteur des niveaux habituellement retenus, les arbres n'étant capables d'exprimer qu'une faible part de leur potentiel (leur production est affectée une première fois lors de la sexualisation puis, par la suite, par avortements plus ou moins tardifs).

Le tableau III compare les caractéristiques de deux campagnes de production d'une expérience de fumure (p. 4).

Pour la première campagne, le déficit hydrique supporté par les arbres durant les 12 mois précédant le prélèvement foliaire, soit 575 mm, conduit selon les résultats rapportés en 1973 par de Taffin et Ochs à retenir un niveau critique de 0,850. La production maximale est en effet obtenue pour une dose de 2 kg de KCl correspondant à une teneur de 0,815, donc assez proche du niveau critique de 0,850.

Pour la seconde campagne présentée, le niveau critique théorique se situe également à 0,850, mais il est clair qu'il est inutile d'atteindre ce niveau, ou même d'en approcher, pour obtenir la production maximale : dans le cas présent le niveau critique aurait pu être fixé à 0,450.

Il s'agit là de situations extrêmes puisqu'en Côte-d'Ivoire, sur les 11 années d'observation d'un essai de fumure, soumis à des déficits hydriques annuels variant entre 6 et 632 mm, la fumure potassique a toujours un effet sensiblement comparable en valeur absolue et donc plus fort en valeur relative à la suite des années sèches qui induisent un rendement potentiel plus faible (Tabl. IV).

Tableau IV. — Effet de l'engrais potassique sur les rendements en fonction des déficits hydriques (Effect of potassic manuring on yield in function of water deficits)

| Nombre de campagnes d'observation (No. of campaigns observed) | Déficit hydrique moyen (Mean water deficit) | Production (Yield) kg/arbre (l/tree) | |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------|
| | | sans KCl (without KCl) | 2 kg KCl/arbre (l/tree) |
| 6 | 105 | 66 (100) | 101 (153) |
| 5 | 397 | 57 (100) | 93 (163) |

En conclusion, c'est seulement face à des déficits hydriques très importants, d'une part, que le niveau critique peut être

(1) Sur la station de Pobé, le déficit moyen 1976 à 1978 a été de 850 mm contre seulement 568 pour les 10 années précédentes.

TABLEAU III. — Caractéristiques de 2 campagnes de production d'une expérience de fumure au Bénin soumise à des conditions de sécheresse différentes

(Characteristics of 2 campaigns in a fertilizer experiment in Benin in different drought conditions)

| Caractéristiques pluviométriques des campagnes de production (Rainfall characteristics of production campaigns) | | Niveau critique théorique (Theoretical critical level) | Teneurs en K (levels) feuille (leaf) 17 (3) | | | | Production kg de régimes/arbre/an (kg bunches/tree/year) | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------------------------------------------------------------|----|-----|-----|
| DH influençant la production (yield) (1) | (WD influençant) les teneurs foliaires (leaf levels) (2) | | K0 | K1 | K2 | K3 | K0 | K1 | K2 | K3 |
| 556 | 575 | ± 0,800 | 0,495 | 0,749** | 0,815** | 0,877** | 63 | 75 | 80* | 82* |
| 770 | 575 | ± 0,800 | 0,444 | 0,647** | 0,760** | 0,795** | 26 | 27 | 30 | 34 |

DH = déficit hydrique — (WD = water deficit).

(1) = Déficit hydrique moyen de la période de sexualisation et des avortements tardifs (périodes décalées, par rapport à la campagne de production, de : - 27 et - 6 mois).

(Mean water deficit during sexualization and belated abortions — periods staggered in relation to the production campaign by - 27 and - 6 months.)

(2) = Déficit hydrique des 12 mois précédant le prélèvement foliaire — (Water deficit 12 months prior to leaf sampling).

(3) = Diagnostic foliaire précédant immédiatement la campagne de production considérée; teneurs en fonction de la fumure, soit, respectivement : 0, 1, 2 et 3 kg de KCl/arbre/an.

Différence significative : * : à 5 p. 100; ** : à 1 p. 100.

(Leaf analysis immediately preceding the production campaign considered; levels in function of fertilization, i.e. 0, 1, 2 and 3 kg KCl/tree/year respectively. Significant difference : * at 5 p. 100, ** at 1 p. 100).

fixé à un niveau très faible et, d'autre part, que la fumure potassique n'a plus d'effet.

Si l'eau disponible du sol influe sur la richesse des feuilles en potassium et, dans certaines situations extrêmes, sur l'efficacité de la fumure potassique, cette dernière peut également se trouver réduite par les pertes dues au lessivage.

Des mesures de lessivage ont donc été faites dans des essais au champ et en laboratoire [3]. Elles montrent que pour les doses généralement utilisées et épandues de façon standard, c'est-à-dire sur environ la moitié de la surface de plantation (soit une concentration de 25 à 75 g/m²), les pertes par lessivage sont inexistantes sur des sols du Bénin, et faibles en Côte-d'Ivoire au cours des 6 mois suivant l'apport d'engrais. Dans les cas étudiés on ne trouve en effet aucune liaison entre la pluviosité, parfois excessive apparue au cours de la petite saison sèche (séparant épandage d'engrais et prélèvement foliaire), et les variations de teneurs en K des folioles.

III. — LE COCOTIER

Les études conduites par l'I.R.H.O. ont montré l'effet spectaculaire de la fumure potassique sur la production des cocoteraies en Afrique de l'Ouest, généralement plantées sur des sols ferrallitiques fortement désaturés. Des corrélations hautement significatives existent entre les teneurs en potassium des feuilles et la production en coprah/arbre.

En outre, des résultats provenant d'une expérience (PB-CC 1) plantée en matériel végétal « Grand » en Côte-d'Ivoire, mettent en évidence l'existence d'une liaison entre la pluviosité de l'année précédente et la production, pour des valeurs moyennes de déficit hydrique observées [6]. Cet effet apparaît d'ailleurs aussi bien sur les parcelles témoins que celles recevant une dose de KCl élevée. Toutefois, après une période plus sèche, il est intéressant de noter que l'augmentation de production est plus importante pour les parcelles qui reçoivent la fumure potassique (Tabl. V).

Tableau V. — Comparaison des gains de production en kg de coprah/arbre/an entre parcelles non fumées, K0, et fumées, K3, en fonction de la pluviométrie

(Comparison of yield increases in kg copra/tree/year between non-manured plots — K0 — and manured plots — K3 — in function of rainfall)

| Année (Year) (n) | Pluviosité (Rainfall) (n - 1) | Parcelles (Plots) K0 | | Parcelles (Plots) K3 | | Gain (Increase) K3 - K0 |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|--------------------|-------------------------------|
| | | Production (Yield) | Gain (Increase) | Production (Yield) | Gain (Increase) | |
| 1959 | 1 639 | 6,8 | | 11,6 | | |
| 1960 | 2 567 | 8,5 | 1,7 | 17,5 | 5,9 | 4,2 |
| 1963 | 2 010 | 5,1 | | 13,7 | | |
| 1964 | 2 614 | 6,2 | 1,1 | 15,7 | 2,0 | 0,9 |
| 1965 | 1 902 | 4,2 | | 8,9 | | |
| 1966 | 2 397 | 4,7 | 0,5 | 13,0 | 4,1 | 3,6 |
| 1967 | 1 620 | 2,3 | | 6,6 | | |
| 1968 | 2 039 | 4,9 | 2,6 | 10,3 | 3,7 | 1,1 |

L'examen de ces données autorise à conclure qu'une bonne nutrition minérale (notamment potassique) permet aux cocotiers de mieux franchir une saison sèche, en donnant un gain de production appréciable par rapport aux arbres non fertilisés.

Des pertes d'éléments fertilisants par lixiviation étant à craindre sur les sols à faible capacité d'échange, généralement plantés en Afrique de l'Ouest, des essais de fractionnement des doses de fumures potassiques en cours d'année ont été réalisés pour compléter les éléments d'interprétation. Ils ont montré l'avantage de cette méthode dans le jeune âge (meilleur développement, plus grande précocité) mais, après les premières années de production, les différences entre l'épandage fractionné et l'épandage global entre les deux saisons pluvieuses s'étant estompées, son intérêt en devenait moins évident.

Bien que l'effet du potassium sur la production soit démontré, aucune liaison significative n'a encore été observée entre l'alimentation hydrique et la nutrition potassique. L'absence de résultats dans ce domaine peut aussi provenir du fait que l'expérimentation sur la nutrition potassique du matériel végétal hybride est encore trop récente.

CONCLUSION

Les contrôles standards de nutrition minérale des plantations de palmiers à huile en Afrique de l'Ouest sont effectués systématiquement chaque année en début de saison sèche bien que, dans des conditions d'alimentation

en eau généralement satisfaisantes à moyennes (déficit hydrique inférieur à 250 mm), la date des prélèvements des échantillons foliaires revête moins d'importance.

Le niveau critique pour le potassium, sur les sols ferrallitiques désaturés, est compris entre 0,9 et 1,0 p. 100 de matière sèche.

Par contre, dans les régions où le déficit hydrique est plus élevé, on doit prendre la précaution de procéder aux prélèvements dès que possible au début de la saison sèche (en même temps que ceux des expériences de fumures minérales si elles existent) pour que les variations des teneurs en potassium dues au déficit d'alimentation en eau soient plus faibles, et que l'interprétation des résultats d'analyse soit faite par référence à ceux obtenus sur les expériences.

Il apparaît en outre que la détermination de la dose de fumure potassique à apporter dans l'année doit être faite à partir de la droite définissant la relation : « teneurs critiques et déficit hydrique de la période précédant la date de prélèvement » en modifiant (en hausse ou en baisse) la dose à utiliser si le résultat s'écarte de cette droite moyenne.

Les contrôles de nutrition minérale des plantations de cocotiers en Afrique de l'Ouest sont effectués de façon similaire. Des tendances semblables à celles observées sur le palmier ont été remarquées, mais les expériences sont trop récentes pour porter un jugement. De nouvelles études des variations saisonnières des teneurs minérales, actuellement en cours, permettront, peut-être ultérieurement, de mettre en évidence l'importance du facteur alimentation hydrique et d'en tenir compte dans la gestion des fumures des plantations de cocotiers hybrides à haut rendement.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] OCHS R. et OLIVIN J. (1976) — Research on mineral nutrition by the I.R.H.O. oil palm research. Elsevier Scientific Publishing Company, p. 187-189.
- [2] OLLAGNIER M., OCHS R. et MARTIN G. (1970). — La fumure du palmier à huile dans le monde. *Fertilité*, n° 36, p. 10.
- [3] OLIVIN J. et OCHS R. (1974). — Le lessivage du potassium et du magnésium en colonnes de terre. *Oléagineux*, 29, n° 4, p. 175-182.
- [4] TAFFIN G. de et OCHS R. (1973). — La fumure potassique du palmier à huile au Dahomey. *Oléagineux*, 28, n° 6, p. 269-273.
- [5] RAPPORT D'ACTIVITÉS I.R.H.O. 1976-1977 — Nutrition minérale et fertilisation, p. 46-47.
- [6] MANCIOT R., OLLAGNIER M. et OCHS R. (1979) — Nutrition minérale et fertilisation du cocotier dans le monde. *Oléagineux*, 34, n° 12, p. 563-580.

SUMMARY

Relation between potassic nutrition and rainfall in oil palm and coconut growing.

P. QUENCEZ and G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1981, 36, N° 1, p. 1-7.

Thanks to systematic leaf sampling carried out in various oil palm producing regions for more than 20 years, it has been possible to make successful studies of the relation between potassic nutrition and rainfall. The results have enabled the sampling date to be studied in function of the rigour of the dry season, the interpretation of the notion of critical threshold depending on water deficit, and consequently, the determination of potassic fertilizer rates to be applied over the year. Similar tendencies to those observed on the oil palm were noted on the coconut. They are mentioned by the author but the experiments are still too recent for judgement to be passed.

RESUMEN

Relación entre la nutrición potásica y la pluviometría en el cultivo de palmas aceiteras y cocoteros.

P. QUENCEZ y G. de TAFFIN, *Oléagineux*, 1981, 36, N° 1, p. 1-7.

Mediante tomas de muestras foliares sistemáticas realizadas en varias regiones de producción de la palma aceitera desde hace más de 20 años, se ha podido llevar a cabo estudios sobre la relación entre la nutrición potásica y la pluviometría. Los resultados han permitido estudiar la fecha de las tomas de muestras con arreglo al rigor de la estación seca, interpretándose el concepto de nivel crítico con relación al déficit hídrico, y estableciéndose por lo tanto las dosis de abonados potásicos a aplicarse durante el año. Se advirtió en el cocotero tendencias semejantes a las que se observó en la palma de aceite. El autor las indica, pero los experimentos son demasiado recientes para que se pueda emitir un juicio al respecto.

Relation between potassic nutrition and rainfall in oil palm and coconut growing ⁽¹⁾

P. QUENCEZ (2), G. de TAFFIN (3)

I. — INTRODUCTION

The relationships between rainfall and potassium nutrition in the oil palm have been studied for more than 20 years thanks to an experimental network set up in the various regions which produce this crop.

Coconut growing using modern techniques and selected planting material is more recent; it has therefore not yet been possible to bring the same study to a successful conclusion, but it is interesting to note the importance of the role of potassium in this plant's mineral nutrition.

II. — THE OIL PALM

Among the main factors limiting oil palm yield in the various zones where it is developed, rainfall and soil fertility are most often cited.

Water supply, often insufficient in West Africa, mainly affects the sex ratio of the trees, and thus determines the number of bunches produced. On the contrary, mineral nutrition can generally be controlled and corrected easily. The elements required to constitute the vegetative mass and for exports are nitrogen and potassium [2] (Table I).

In West Africa, the importance of potassium is characteristic of the mineral nutrition and the requirement varies from one situation to another. Furthermore, there is a link between the quantities of potassium required and yield; consequently, the hypothesis can be formulated that there is a relationship between potassium and water supply conditions.

1. — Reminder of the method of mineral nutrition management.

The I.R.H.O.'s method of controlling mineral nutrition consists in analysing leaf samples and comparing the results to critical levels defined by experiments; the critical level for a mineral element is the content of a plant organ below which any further fertilizer application should enable an economically profitable increase in yield to be obtained.

Precise norms have been established for making up leaf samples in order to permit, with the least possible variations, interpretation of the analyses results with the yield results of the fertilizer experiments.

Studies of seasonal variations have led to the start of the dry season being chosen for the sampling period. This gives a sufficiently long period during which the method of sampling can be applied easily, and, in addition, variations are generally slight. In spite of this, it seemed necessary, where potassic nutrition was concerned, to take into account the water supply regime for valid interpretation of the results, especially when the climate is fairly rigorous and varies from one year to the next.

2. — Seasonal variations in potassium levels.

In a trial set up in Benin [1], a comparison was made between a dry situation on a plateau, where the effects of the long dry season are most strongly felt, and a wet one on colluvions with a temporary water table (potassic fertilizer being applied in August in both cases). During the three years of two-monthly measurements, the maximum K levels are noted in November (start of the main dry season); on average respectively 1.12 and 1.19 p. 100. Furthermore, it was noted that relative variations are greater in a dry situation than in a wet one i.e. respectively - 30 p. 100 and

- 20 p. 100 at most for the levels of the samples taken from January to May. Both results lead us to think that the better K nutrition is linked to better water supply, but is not directly due to potassium chloride applications in August — the more so in that the July levels are always higher than those of the previous months.

In Colombia, where the monthly rainfall of a plantation under observation is much better distributed than in Benin, a comparable study showed that seasonal variations of K levels were low, thus confirming what was noted in a wet situation in Benin.

In an intermediate situation in the Ivory Coast, study of a nutrition experiment (CP-13) showed that K levels vary little during the year, and that the maxima occurred in November/December before the main dry season and the minima at the end of the rainy season in June. The relative variations between these periods were about 10 p. 100 for the rates of 1.5 and 3.0 kg/tree/year of potassium chloride spread in August, whereas they were generally lower on the least manured treatment (0.75 kg/tree/yr) which had a large K deficiency (leaf content about 0.5 p. 100).

In another fertilizer experiment in Benin (PO-CP 20), the subject of seasonal leaf samplings (Table II), K levels of treatments K1, K2, K3 are most significantly higher than K0 levels (no fertilizer) at 1 p. 100. But there is no interaction between treatments and sampling dates i.e. the rates of potassium chloride do not affect the seasonal evolution of K levels.

Significant differences appear at 5 p. 100 and 1 p. 100 between the average level of leaves samples in February 1974 (standard dry season sampling) and those from other months — relative maximum deviation being as in the first example taken in Benin, 30 p. 100 between November 1974 (0.766) and March 1975 (0.596). Note that the difference is significant at the 5 p. 100 threshold between two samples taken in the dry season in February 1974 and January 1975.

These examples show that the choice of the time at which to take control samples for the mineral nutrition management of a plantation is important in areas where the dry season is marked, but it is less so in areas where water deficit is slight. In the first case, the start of the dry season seems most suitable as later there is a drop in K levels linked to lack of water; although this arrangement may not be sufficient to follow the inter-annual evolution of levels, knowing that in the last example the deviation between average levels of two consecutive years is not negligible.

3. — Variations in K level according to climate.

As the role of water supply has been demonstrated, the next study used water deficit as a measurement of this factor. A method of calculation was developed which could be applied to situations where rainfall is generally the only climatic datum available. This involves making successive monthly balances between initial soil water reserves (iR), rainfall (R), and monthly requirements (ETP). When the monthly balance (iR + R - ETP) is negative, the corresponding value is entered as a water deficit (WD).

Examination of the data showed that the annual water deficits could vary considerably in West Africa. For example, in the Ivory Coast, in the Grand Drevin region dealt with in the study below, where the average of the annual water deficits from 1961 to 1978 is 644 mm, with a coefficient of variation of about 20 p. 100, the upper and lower limits are 417 and 848 mm.

In a potassium manuring experiment (GD-CP 6) set up there, the water deficit observed between sampling date (start of dry season) and the end of the previous main rainy season affected potassium assimilation in the treatments receiving an annual potassic manuring (Fig. 1).

The coefficients of correlation are significant at 5 p. 100 for treatment K1 = - 0.60 and for treatment K2 = - 0.53 on the 16 annual measurements carried out between 1961 and 1978, potassic nutrition being practically stable on both treatments. In treatment K0, on the other hand, there is a tendency for values to drop between 0.4 and 0.5 p. 100, which indicates pronounced deficiency. Note that for levels over 0.5 p. 100 (before 1969) there is indeed a relation between K levels and water deficit ($r = - 0.76$ significant at

(1) Paper presented to the Seminar on Potassium, which took place from October 21st to 22nd at Abidjan (Ivory Coast).

(2) Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I.R.H.O.), La Mé Station, B.P. 13 Bingerville (Ivory Coast).

(3) Institut de Recherches pour les Huiles et Oléagineux (I.R.H.O.), Marc-Delorme Station, 07 B.P. 13 Abidjan 07 (Ivory Coast).

5 p. 100) but below this, low levels are no longer related to water supply. This remark should be compared with the observation on the lesser seasonal variations in levels in the Dabou area, on the treatment which received the least fertilizer (levels about 0.5 p. 100).

This would seem to indicate that when soil fertility is very low, the available soil water reserve has less influence on nutrition, and the limiting factor for potassium absorption is the meagre quantity of this element in the soil.

The similarity of the variations of the K level in K1, K2 and even K0 for contents above 0.5 p. 100, reflected in similar curves of the regression lines in the interval of water deficits observed, proves that these relative variations are independent of fertility up to a threshold level corresponding to leaf K of about 0.5 p. 100.

Thus, for a constant nutritive potential of the soil above the critical threshold, the variation in leaf K contents, both between seasons and between years, does seem to be due to variations in water availability.

The results cited above tend to show, however, that there are other seasonal phenomena likely to modify levels. Ochs and Olivin [1] have shown in particular, that the dilution of the potassium absorbed by the products of photosynthesis, whose activity is less in the dry season, can be taken into account with the drop in absorption when transpiration is reduced.

Examination of yield results of the Grand-Drewin experiment shows that nutrition of treatment K1 is sufficient, since the total yield difference over 18 campaigns (1961 to 1978) is only 3 p. 100 for a potassium chloride rate ranging from 0.75 to 1.5 kg/tree/year; the difference between K0 and K1 is 16 p. 100.

The relationships pointed out above lead us to propose a critical line in function of water deficits so as to judge K levels of the plantation nutrition controls in function of the water deficit at the time of absorption in the period preceding the sampling. Thus, at maturity and in the conditions of the experiment a level of 0.70 p. 100 may be sufficient when the water deficit has been at least 600 mm; it will be at least 0.80 p. 100 with a WD of 250 mm and 0.87 p. 100 for a nil deficit.

A complementary study of GD-CP 6 shows that, if the difference between the cumulative yields of K1 and K2 is slight, that between annual yields is greater when production is higher. However, this result (not significant) leads us to think that when water supply conditions are more satisfactory and lead to higher yields about two years later, the reference chosen should be a critical level higher than that defined by the line corresponding to treatment K1. This will then correspond to the value of the critical level of 0.9 defined in other experiments and with a water deficit of about 200 mm [5].

For Benin, de Taffin and Ochs [4] situated the critical level in 1973 at 0.850 with a low to middling water deficit, and at 0.750 only with a high deficit.

As the climate of Benin was characterized by a particularly dry period from 1976 to 1978 (1), the latest results from this station confirm one of the conclusions of de Taffin and Ochs, namely that drought can act at two levels :

- on leaf K through the reduction of assimilation and photosynthetic activity;
- on the critical level itself, as yield is so reduced that there is no point in raising the K contents to the values normally retained, as the trees are only able to express a small part of their potential (their yield is affected for the first time during sexualization, then again by abortions occurring sooner or later).

Table III compares the characteristics of two production campaigns in a fertilizer trial.

For the first campaign, the water deficit supported by the trees in the 12 months preceding the leaf sampling, i.e. 575 mm, would lead to a critical level of 0.850 being retained in accordance with the results reported by de Taffin and Ochs in 1973. Indeed, maximum yield is obtained with 2 kg KCl, which corresponds to a level of 0.815, thus fairly close to the critical value.

As regards the second campaign, the theoretical critical level is also 0.850, but it is clear that it is useless to try and reach or even approach this value with a view to obtaining maximum production : in this case the critical level could well have been fixed at 0.450.

Here we are dealing with extreme situations ; in the Ivory Coast, for the 11 years of observations in a fertilizer trial submitted to annual water deficits ranging from 6 to 632 mm, potassic manuring has always had an appreciably comparable effect in absolute value,

and therefore greater in relative value, following dry years which induce a lower potential yield (Table IV).

In conclusion, it is only when faced with very big water deficits that on the one hand, the critical level can be fixed at a very low value, and on the other, that potassic manuring no longer has any effect.

While the soil water reserve has an influence on the richness in K of the leaves and, in certain extreme situations, on the efficiency of potassic fertilizer, the latter can also be reduced by losses due to leaching.

Leaching measurements were therefore taken in field and laboratory trials [3]. They show that for the rates commonly used and spread in the standard way, i.e. on about half the plantation area (a concentration of 25 to 75 g/m²), losses due to leaching are non-existent on Benin soils and low in the Ivory Coast during the 6 months following fertilizer application. In the cases studied, there is in effect no link between the sometimes excessive rainfall during the short dry season (separating fertilizer application and leaf sampling) and the variations in K levels of the leaflets.

III. — THE COCONUT

The I.R.H.O.'s studies have shown the spectacular effect of potassium manuring on yield in the West African groves, generally planted on heavily-desaturated ferrallitic soils. There are highly significant correlations between leaf potassium levels and yield in copra/tree.

Furthermore, results from a trial (PC-CC 1) planted in Tails in the Ivory Coast, point to the existence of a link between the previous year's rainfall and yield for average values of water deficit observed [6]. Moreover, this effect appears both on control plots and on those which received a high KCl rate. However, after a drier period, it is interesting to note that the yield increase is higher for plots receiving potassic fertilizer (Table V).

Examination of these data justifies our conclusion that good mineral nutrition (notably potassic) enables coconuts to get through the dry season more easily, leading to a notable yield increase compared to unfertilized trees.

Loss of fertilising elements by leaching was to be feared on the soils with a poor exchange capacity generally planted in West Africa ; therefore, trials on splitting of potassic fertilizer rates over the year were carried out to complete the elements for interpretation. They showed the advantage of this method for young trees (better development, greater precocity) ; but after the first production years, the differences between split application and a single application between the two rainy seasons having been ironed out, the value of former became less obvious.

Although the effect of potassium on yield has been demonstrated, no significant link has yet been noted between water supply and potassic nutrition. The absence of results in this area may also be due to the fact that experiments on potassic nutrition of hybrid planting material are still too recent.

CONCLUSION

Standard controls of mineral nutrition in oil palm plantations in West Africa are carried out systematically each year at the start of the dry season, although in water supply conditions satisfactory to average (water deficit less than 250 mm) the date of leaf sampling is less important.

The critical level for potassium on desaturated ferrallitic soils is between 0.9 and 1.0 p. 100 of dry matter.

On the other hand, in areas where the water deficit is higher, care must be taken to sample as early as possible at the start of the dry season (at the same time as the mineral manuring experiments, if any) so that variations in potassium levels due to water supply deficit remain as low as possible and so that the analysis results can be interpreted by reference to those obtained on the experiments.

Furthermore, it appears that determination of the rate of potassic fertilizer to be applied during the year must be on the basis of the line defining the relation « critical level and water deficit in the period preceding the sampling date » by modifying (upwards or downwards) the rate to be used if the result diverges from this average line.

Controls of mineral nutrition on coconut plantations in West Africa are carried out in a similar fashion. Tendencies resembling those observed on the oil palm have been noted but the experiments are too recent for judgement to be passed. New studies of seasonal variations in mineral level now being made may enable the importance of the water supply factor to be shown at a later date ; this can then be taken into account in managing manuring for high-yield hybrid coconut plantations.

(1) On the Pobe Station, the mean deficit from 1976 to 1978 was 850 mm, against only 568 for the previous ten years.